



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 40 103 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**B 62 D 21/15**  
F 41 H 7/00

②① Aktenzeichen: 197 40 103.1  
②② Anmeldetag: 12. 9. 97  
②③ Offenlegungstag: 25. 3. 99

DE 197 40 103 A 1

⑦① Anmelder:  
Battelle Ingenieurtechnik GmbH, 65760 Eschborn,  
DE  
  
⑦④ Vertreter:  
Lippert, H., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 60322 Frankfurt

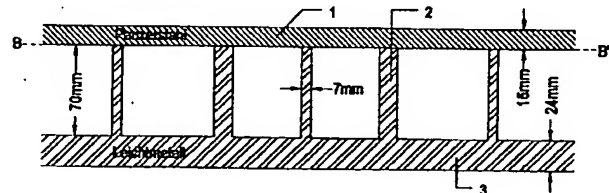
⑦② Erfinder:  
Bol, Johannes, 64646 Heppenheim, DE; Fücke,  
Wolfgang, Dipl.-Phys., Dr., 65812 Bad Soden, DE  
  
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE-GM 17 10 778

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Bodenschutzvorrichtung für Fahrzeuge gegen Minen

⑤⑦ Vorrichtung zum Schutz eines in seinem Bodenbereich mit der Vorrichtung versehenen Fahrzeugs, insbesondere gepanzerten Fahrzeugs, gegen von unten einwirkende, detonierende Minen, gekennzeichnet durch eine dem Erdboden zugewandte Platte (3) und ein zusammenhängendes Gefüge an Stegen (2), das auf der Platte (3) sitzt, wobei die Dicke und Festigkeit der Platte geeignet sind, von der Blastwelle der Detonation auf sie ausgeübte Kräfte auf die Stege (2) zu übertragen, die bezüglich Anordnung, Dimensionierung und Materialbeschaffenheit so ausgelegt sind, daß einerseits die Steilheit der in sie hineinlaufenden Schockfront des Blastwellendrucks durch tiefpaßartige Dämpfung noch innerhalb des Steggefüges bis auf ein gewünschtes Ausmaß abgebaut wird, und daß sie andererseits durch den auch nach der primären Schockfront wirksamen Blastdruck unter Energieabsorption gegen eine innenliegende Platte (1) der Vorrichtung stauchbar sind, wobei anschließend vergleichsweise langfristig anstehende Kräfte durch die Biegesteifigkeit der Struktur aus der dem Erdboden zugewandten Platte (3), der innenliegenden Platte (1) und dem zwischen den Platten (3, 1) sitzenden Steggefüge auf das ganze Fahrzeug übertragen sind.



DE 197 40 103 A 1

Die Erfindung betrifft eine Bodenschutzvorrichtung für Fahrzeuge gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, d. h. eine Vorrichtung zum Schutz eines in seinem Bodenbereich mit der Vorrichtung versehenen Fahrzeugs, insbesondere gepanzerten Fahrzeugs, gegen detonierende Minen, die von der Erdoberfläche aus auf den Boden des Kraftfahrzeugs einwirken, wenn die Mine unter dem Fahrzeug detoniert.

Bei der Detonation einer Sprengstoffladung wird durch die rasche Expansion der Schwaden bzw. der Reaktionsprodukte des Sprengstoffs eine Kompressionswelle oder Stoßwelle in der umgebenden Luft erzeugt, die sogenannte Blastwelle. Bei der Detonation einer Landmine unter einem Fahrzeug stellt diese Blastwelle die größte und am schwierigsten abzuwehrende Belastung dar. Wegen des kleinen Abstands der Minenladung vom Fahrzeugboden ist der Stoßdruck der steilen Front der Blastwelle sehr hoch. Die Stoßfront trifft auf einen flachen Fahrzeugboden direkt über der detonierenden Mine senkrecht auf, so daß dort der maximale Stoßdruck der senkrecht reflektierten Stoßwelle auftritt. Da die Expansion der Schwaden nach unten durch die Erdoberfläche und nach oben durch den Fahrzeugboden verhindert wird, steht der Blastwellendruck nach dem Auftreffen der Stoßfront über eine längere Zeit am Fahrzeugboden an und überträgt einen dementsprechend großen Impuls auf das Fahrzeug.

Die steile Stoßfront der Blastwelle koppelt einen entsprechend steilen Stoß in die Bodenstruktur des Fahrzeugs ein. Wenn dieser Stoß die Rückseite der Bodenstruktur erreicht, sind Besatzung und Einrichtung durch abplatzende Splitter gefährdet. Der Stoß kann ferner z. B. Einbauten, Geräte, Sitze usw. aus ihrer Verankerung reißen. Wenn der nach dem Auftreffen der Stoßfront an der Bodenplatte weiterhin anstehende Blastdruck die Bodenstruktur lokal überlastet, wird sie dort eingedrückt und kann dabei aufreißen.

Die gängigen gepanzerten Fahrzeuge haben ein massives, ebenes Bodenblech. Bei Kampfpanzern besteht dieses Bodenblech aus Panzerstahl und ist etwa 20 mm dick. Bei leichteren gepanzerten Fahrzeugen (Schützenpanzer, Panzerspähwagen) ist die Panzerstahlbodenplatte oft nur 8 mm dick. Schutzmaßnahmen gegen die Blastwirkung von Minen sind bei der Fahrzeugkonstruktion meist nicht vorgesehen worden. Zur Zeit werden nachrüstbare Vorrichtungen entwickelt und erprobt. Diese Vorrichtungen werden innen oder außen an die Bodenplatte adaptiert. Sie bestehen z. B. im Prinzip aus einem weiteren Bodenblech, das mit einer Schicht aus schockdämpfendem Material, wie Metallschaum oder Honeycomb-Strukturen sowie anderen Leichtbaustrukturen, gegen das vorhandene Bodenblech abgestützt wird. Dadurch kann zwar der von der Blastwelle eingekoppelte Primärschock auf dem Weg zum inneren Bodenblech durchaus wirksam gedämpft werden, das äußere Blech wird jedoch beschleunigt und drückt dabei auf die schockdämpfende Stützstruktur. Diese bricht bei einer bestimmten Belastung schlagartig zusammen, ohne dabei nennenswert Energie zu verzehren. Danach schlägt die Beule, die in das Außenblech gedrückt wird, nahezu ungebremst auf dem Innenblech auf und induziert einen kräftigen, lokalen Sekundärschock.

In Südafrika hat man bei gepanzerten Geländefahrzeugen am Boden einen Keil aus zwei Blechen, die einen Winkel von weniger als 90° einschließen, in Längsrichtung angebracht. Die Stoßfront der Blastwelle einer detonierenden Mine trifft also nicht senkrecht auf die Keilbleche auf. Der Stoßdruck ist dabei erheblich geringer, und die Blastwelle wird nach den Seiten abgelenkt. Eine solche Abwehrmaß-

nahme läßt sich aber nur bei Fahrzeugen verwirklichen, die eine genügend große Bodenfrieheit haben. (Diese Bodenfrieheit wurde in Südafrika ursprünglich der Termitenhügel wegen realisiert.)

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schutzvorrichtung der gattungsgemäßen Art zu schaffen, mit der die Bodenstruktur von insbesondere gepanzerten Fahrzeugen so gestaltet werden kann, daß das Fahrzeug zuverlässig vor Auswirkungen des harten Stoßes, der von der steilen Stoßfront einer Blastwelle von unten auf das Fahrzeug wirkt, und vor dem Einbeulen bzw. Eindringen und Einreißen des Fahrzeugbodens durch den länger anstehenden Blastdruck geschützt wird.

Die im Anspruch 1 gekennzeichnete Lösung gewährleistet ein Abflachen und Abbauen dieses harten Stoßes in der Bodenstruktur des Fahrzeugs, bevor der Stoß, der in die untere Bodenplatte der Schutzvorrichtung eingekoppelt wird, die Rück- bzw. dem Fahrzeug zugewandte Innenseite der Bodenstruktur, im allgemeinen den Fahrzeugboden selbst, erreicht. Gleichzeitig kann die Bodenstruktur im überlasteten Bereich direkt über der detonierenden Mine gestaut werden, ohne daß die Oberfläche dieser Innenseite ausbeult. Dabei wird eine beträchtliche Energiemenge absorbiert. Schließlich ist die erfindungsgemäß geschaffene Bodenstruktur so (biege)steif, daß die langfristig anstehenden Kräfte über die Auflager der Bodenstruktur auf das ganze Fahrzeug übertragbar sind, so daß ein lokales Versagen vermieden wird. Die erfindungsgemäße Schutzvorrichtung kann so ausgelegt werden, daß die Fahrzeugbodenstruktur, in der Regel bestehend aus vorhandenem Fahrzeugboden und der daran von unten adaptierten äußeren Platte mit Steggefüge, nicht zu schwer wird. Die das erfindungsgemäße Steggefüge tragende Platte der Schutzvorrichtung kann gegebenenfalls auch der Fahrzeugboden z. B. in Form einer bereits vorhandenen oder in einem Fahrzeugneubau geplanten Panzerstahlbodenplatte sein, vorausgesetzt, daß deren Dicke und Festigkeit ausreichen, um die Kräfte, die von der Blastwelle auf die Platte bzw. den Fahrzeugboden ausgeübt werden, auf das folgende, in diesem Fall auf der Innenseite des Fahrzeugbodens sitzende Steggefüge zu übertragen. Bei dieser Integration der erfindungsgemäßen Schutzvorrichtung in das Fahrzeuginnere ist der Fahrzeugboden die dem Stoß unmittelbar ausgesetzte äußere Platte, und es wird über dem innen auf der Bodenplatte sitzenden Steggefüge eine weitere, innere Platte vorgeschoben, die mit den Auflagern der Bodenplatte so zu verbinden ist, daß die Stege gegen diese innere Platte der Vorrichtung anliegen und stauchbar sind.

Die obigen an sich widersprüchlichen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich in der Hauptsache durch das mit der im Anspruch 1 gekennzeichneten Platte kombinierte Gefüge aus Stegen erreichen, die durch ihre Dimensionierung und auch Materialauslegung die über die Außenplatte in sie eingekoppelte steile Stoßfront tiefpaßartig so weit abbauen oder schwächen, daß diese den Fahrzeugboden bzw. eine andere innere Platte der Schutzvorrichtung nicht mehr erreicht oder zumindest nicht mehr nennenswert deformieren kann. Diese durch Entlastungswellen hervorgerufene Dämpfung der Steilheit der Schockfront läuft in einer ersten Schockabbauphase von einigen  $\mu$ s ab.

Die Dimensionierung der Stege ist in zweiter Hinsicht so gestaltet, daß die Stege, ohne auszuweichen oder zusammenzubrechen, im Überlastbereich der Schockfront unter Energieabsorption stauchbar sind. Es hat sich gezeigt, daß eine kontinuierliche Stauchung mit effektiver Energieabsorption in einigen 100  $\mu$ s stattfindet, wenn dafür gesorgt wird, daß die Höhe der Stege kleiner als deren Knicklänge ist. Diese Begrenzung der Steghöhe kollidiert mit der obigen

ersten Anforderung des wirksamen Abbaus der in die Stege hineinlaufenden Stoßwelle deshalb nicht, weil sich gezeigt hat, daß die für einen solchen Abbau erforderliche Mindeststeghöhe noch unter der Knicklänge festlegbar ist. Zudem können die Stege ohne Beeinträchtigung der zuerst in der Schockabbauphase ablaufenden tiefpaßartigen Dämpfung so dick sein, daß beim Stauchen in ausreichendem Maße Energie absorbiert wird.

Optimale Dicke und Höhe der Stege sind auch materialabhängig, wobei das Material für die Stege beim Stauchen eine möglichst große kontinuierliche Verformung erleiden sollte, ohne z. B. bei einer zu hohen Festigkeit und zu geringen Verformbarkeit unter Sprödbbruch zusammenzubrechen. Der Verformung sollte demgegenüber ein ausreichend hoher Widerstand entgegengesetzt werden, um den Energieverbrauch für die Stauchung möglichst groß werden zu lassen. Neben Aluminium mittlerer Festigkeit und weicheeren Stählen sind prinzipiell beliebige Legierungen denkbar, die diese Bedingungen für die jeweils gewählte Struktur des Steggefüges erfüllen.

Die dritte Eigenschaft, nämlich die Biegesteifigkeit, die durch das sandwichartig zwischen der dem Erdboden zugewandten Platte und der inneren Vorrichtungsplatte sitzende, zusammenhängende Steggefüge vorgesehen wird, sorgt schließlich dafür, daß die am Detonationsort der Mine nach einigen 100  $\mu$ s langandauernd einwirkenden Kräfte über die Auflager der erfindungsgemäß geschaffenen Bodenstruktur auf das ganze Fahrzeug übertragbar sind, so daß lokale Zerstörungen vermieden werden.

Das Steggefüge ist gemäß den Unteransprüchen bevorzugt fest und einstückig mit der äußeren, dem Erdboden zugewandten Platte zu einer biegesteifen Einheit verbunden und gegebenenfalls auch fest mit der inneren Platte der Vorrichtung verbunden. Durch diese Maßnahmen ist die Biegesteifigkeit der Struktur aus den beiden Platten und dem Steggefüge durch die Verbindung der einzelnen ohnehin bereits biegesteifen Elemente noch erhöht. Prinzipiell reicht es aus, wenn die Stege zwischen den beiden Platten sitzen und diese einigermaßen gut kontaktieren. Auch hier ist noch für eine ausreichend gute Blastwelleneinkopplung in das Steggefüge gesorgt, die erst bei deutlichen, etwa die Wellenlänge der Blastwelle übersteigenden Luftspalten zwischen Stegoberfläche und äußerer Platte zu stark geschwächt würde. Eine ausreichende Kontaktierung der Stege zur darüber und darunter liegenden Platte kann beispielsweise durch rahmenförmige Auflager erzielt werden, an denen der Fahrzeugboden und die äußere bzw. innere Platte der Vorrichtung ringsum so gegeneinander verspannt werden, daß das Steggefüge fest zwischen den beiden Platten sitzt. Dadurch wird auch die Einleitung der langandauernden Kräfte über die Auflager in das gesamte Fahrzeug auf einfache Weise konstruktiv realisiert.

Bei der Dimensionierung der Stege hinsichtlich Dicke, Höhe und Form sowie ihrer Anordnung verfügt man über einen recht großen Variationsbereich, so daß es möglich ist, gleichzeitig die jeweils gewünschten Kennlinien bei der Dämpfung des Primärschocks, bei der Energieabsorption in der Stauchphase, und bei der Kraftübertragung auf das gesamte Fahrzeug mittels der Biegesteifigkeit der Stegstruktur zu verwirklichen.

Im folgenden wird die erfindungsgemäße Vorrichtung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Querschnitt durch einen Ausschnitt einer erfindungsgemäßen Vorrichtung gemäß einem möglichen Ausführungsbeispiel und

Fig. 2 eine Ansicht auf das Steggefüge dieser Vorrichtung von oben, wobei Fig. 1 einen in Fig. 2 angegebenen Schnitt AA' zeigt und Fig. 2 eine Draufsicht auf die in Fig. 1 ange-

gebene Ebene BB'.

Das Bodenblech 1 des Fahrzeugs ist im Ausführungsbeispiel ein 15 mm dickes Stahlblech. Darunter befindet sich ein Gefüge aus 7 mm dicken und 70 mm hohen Leichtmetallstegen 2. Die Stege 2 bilden ein Raster oder Gitter aus gleichseitigen Dreiecken, wobei das Rastermaß bzw. die Länge der Dreiecksseiten im Ausführungsbeispiel 167 mm beträgt. Die Ecken an den Kreuzungen der Stege sind mit dem Radius 6 mm gerundet, um Kerbwirkungen zu vermeiden. An den Kreuzungsstellen der Stegstruktur befinden sich Bohrungen mit dem Durchmesser 12 mm.

Nach unten ist die gesamte Schutzvorrichtung oder Panzerung durch ein 24 mm dickes äußeres Leichtmetallblech 3 abgeschlossen. Dieses Außenblech kann eine getrennte Komponente sein. Es ist jedoch im Hinblick auf die Biegesteifigkeit der gesamten Vorrichtung günstiger, wenn das Steggefüge und das Außenblech 3 eine zusammenhängende mit Stegen bestückte Bodenplatte bilden, wie es in Fig. 1 dargestellt ist. Eine solche Bodenplatte kann z. B. entweder aus einer geeigneten Leichtmetall-Legierung gegossen oder aus einem Leichtmetallblech spanabhebend herausgearbeitet werden.

Die Bodenplatte 3 mit Steggefüge stellt eine unter dem Fahrzeugboden adaptierte Zusatzpanzerung dar. Das hierdurch eingebrachte zusätzliche Flächengewicht beträgt rund 90 kg/m<sup>2</sup>. Das Gesamtflächengewicht der Panzerung einschließlich des ursprünglichen Fahrzeugbodenblechs aus 15 mm dickem Stahl beträgt rund 220 kg/m<sup>2</sup> und liegt damit im üblichen Bereich für realisierbare Bodenstrukturen.

Im folgenden wird die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung an diesem Ausführungsbeispiel teils quantitativ, teils qualitativ beschrieben.

Wenn unter der beschriebenen Panzerung bzw. Schutzvorrichtung in 0,4 m Abstand eine Mine mit 5 kg Sprengstoff detoniert, dann prallt die Stoßfront der Blastwelle mit einem Stoßdruck von etwa 6 kbar auf die Unterseite der Panzerung auf. Dabei wird in das Leichtmetallblech 3 eine ebenso steile Stoßwelle mit einem Stoßdruck von etwa 1,5 kbar eingekoppelt, die zunächst ungeschwächt in die Leichtmetallstege 2 hineinläuft. Hier laufen hinter der Stoßfront von beiden freien Oberflächen der Stege Entlastungswellen in die Stege hinein. Sowohl die Geschwindigkeit der Stoßfront als auch die Geschwindigkeit der Entlastungswellen hängen von der Höhe des herrschenden Stoßdrucks ab. Die Entlastungswellen sind aber etwas schneller als die Stoßfront. Das bedeutet, daß die Stoßfront auf dem Weg durch den Steg immer mehr abgebaut und damit der Schock gedämpft wird. Im vorliegenden Fall erreichen die Entlastungswellen die Schockfront in der Stegmitte nach einem Laufweg der Schockfront von 50 mm. Da die Stege 70 mm hoch sind, wird der Schock beim Durchgang durch die Stege zuverlässig abgebaut und kann die Rückwand, d. h. das Bodenblech 1 der Panzerung nicht erreichen. Die Stege bilden für die steile Schockfront einen Tiefpaß, den die Schockfront nicht passieren kann.

Die Kreuzungsbereiche der Stege sind mit den zentralen Bohrungen von 12 mm Durchmesser und den mit einem Radius von 6 mm gerundeten Ecken so ausgeführt, daß einerseits auch hier ausreichend große freie Oberflächen, von denen Entlastungswellen ins Material hineinlaufen können, vorhanden sind. Andererseits bleibt die Biegesteifigkeit und Festigkeit des gesamten Steggefüges weitgehend erhalten.

Die Abhängigkeit der Schallgeschwindigkeit bzw. der Geschwindigkeit von Schockfront und Entlastungswellen vom herrschenden Druck sowie die Wechselwirkung von Schockfront und Entlastungswellen sind in den Formeln von ALTSHULER (L.V. ALTSHULER et al., The isentropic compressibility of aluminium, copper, lead and iron at high

pressures, J.E.T.P. (English Translation) 11, 766, 1960) und von JACOBS (S.JACOBS, BRL Report # 1294, 1965) niedergelegt. Eine zusammenfassende Betrachtung findet sich bei PEREZ (E.PEREZ, Etude expérimentale et théorique de la pénétration de cibles métalliques semi-infinies par des projectiles métalliques de grand allongement et de vitesse supérieure à 2000 m/s, ISL-Bericht R 108/80, 1980).

Der Abbau der Schockfront des von der Blastwelle eingekoppelten Stoßes dauert rund 10  $\mu$ s. Währenddessen und danach steht der Blastdruck auf der Unterseite der Panzerung im Flächenbereich über der detonierten Mine weiterhin mit 6 kbar an. Die Kraft, die dabei auf das 24 mm dicke Leichtmetall-Bodenblech 3 ausgeübt wird, wird auf die Stege 2 übertragen. Dies führt im Zentrum der Beaufschlagung zur Überlastung der Stege. Die Stege werden dort gestaucht, wobei zunehmend Energie verzehrt wird. Bei der Dimensionierung der Stege ist darauf geachtet worden, daß ihre Höhe kleiner ist als die Knicklänge. Sie können daher nicht durch Ausbiegen (buckling) bzw. Ausknicken zusammenbrechen. Durch das kontinuierliche Stauchen der Stege wird erreicht, daß die mit Stegen bestückte Außenplatte eindrückbar ist, ohne daß die Rückplatte bzw. das Bodenblech 1 der Panzerung verformt wird. Diese Vorgänge dauern einige 100  $\mu$ s.

Die adaptierte Struktur weist ferner eine hohe Steifigkeit auf. Die langfristig, d. h. über einige 100  $\mu$ s hinaus wirkenden Kräfte werden infolge der hohen (Biege-)Steifigkeit des zwischen Fahrzeugbodenblech 1 und Bodenplatte 3 sitzenden Steggefüges über die Auflager des Fahrzeugbodens auf das ganze Fahrzeug übertragen. Damit wird ein lokales Versagen im Bereich unmittelbar über der detonierenden Mine vermieden. Es können die üblichen Auflager z. B. in Form einer umlaufenden Randhalterung der gesamten Bodenstruktur verwendet werden. Dabei wird die Bodenplatte 3 an derselben umlaufenden Randhalterung befestigt, mit der das Bodenblech 1 bereits verbunden ist.

Auch ein dynamisches bzw. elastisch-reversibles Durchbiegen der inneren Bodenplatte wird durch die Steifigkeit des Steggefüges wirksam verhindert.

Bei der Nachrüstung von Fahrzeugen kann die Platte bzw. das Blech 3 mit dem Steggefüge auch innen an das Bodenblech 1 des Fahrzeugs adaptiert werden. Sinngemäß muß dann darauf geachtet werden, daß die Inneneinrichtung (z. B. der Fahrersitz) vom ursprünglichen, nun außen liegenden Bodenblech 1 mechanisch entkoppelt ist. Ferner muß das Steggefüge mit der nun innenliegenden Platte 3 mit den Auflagern des Fahrzeugbodens z. B. über die oben dargestellte Randhalterung mechanisch so verbunden werden, daß die Stege gegen diese innere Platte stauchbar sind und in der letzten Phase die langfristig anstehenden Kräfte auf das ganze Fahrzeug übertragbar sind. Der oben erläuterte Abbau der Schockfront läuft bei einer solchen Anordnung sinngemäß gleichartig ab, wobei das Bodenblech nun die Funktionen der dem Erdboden zugewandten Platte 3 der Fig. 1 übernimmt und die nun innenliegende Platte 3 die Funktion des Fahrzeugbodenblechs erfüllt.

Im Ausführungsbeispiel wurde von einem Fahrzeug mit einem 15 mm dicken Stahlblech als Bodenblech 1 ausgegangen. Die Stege 2 liegen bei der Anordnung gemäß Fig. 1 mit ihrem oberen Ende gegen die Unterseite dieses Bodenblechs, ohne hiermit (abgesehen von der oben dargestellten Randhalterung) besonders verbunden zu sein. Dieses Bodenblech ist ohne Zweifel so schersfest, daß es den Stegen 2 bei deren Stauchphase fortgesetzt einen ausreichenden Widerstand entgegensetzt. Für diesen Zweck würde auch ein z. B. etwa 8 mm dickes Bodenblech aus Panzerstahl ausreichen. Der Fachmann kann bei einer bestimmten Stegdicke für den in der Stauchphase anstehenden Druck für das jeweils ausgewählte Material der Stege und des Bodenblechs

sowie die geometrische Auslegung des Steggefüges berechnen, wie dick das Bodenblech im Vergleich zu den Stegen für eine ausreichende Scherfestigkeit sein sollte, damit die Stege kontinuierlich gegen das Bodenblech gestaucht werden können. Gegebenenfalls muß der Fahrzeugboden durch eine weitere Platte verstärkt werden, wenn z. B. nur ein 2 mm dickes Bodenblech vorhanden ist.

Auch ist das Bodenblech des Ausführungsbeispiels ohne weiteres geeignet, bei Integration der Stege in das Fahrzeuginnere bezüglich Dicke und Festigkeit die Funktion der äußeren Platte 3 der Fig. 1 zu übernehmen und die von der Blastwelle ausgeübten Kräfte auf das Steggefüge zu übertragen, das in diesem Fall auf der Innenseite des Bodenblechs aufsteht und das Bodenblech gut kontaktiert. Bei der Dimensionierung sind auch hier das jeweils ausgewählte Material der Stege und des Bodenblechs sowie die geometrische Auslegung des Steggefüges zu berücksichtigen. Je nach Auslegung des Steggefüges, das die äußere Platte, hier das Bodenblech, erheblich festigt, kann die Dicke für diesen Zweck auch verringert werden. Hierzu schätzt der Fachmann wiederum für die durch das Steggefüge vorgegebenen Plattenflächen die erforderliche Scherfestigkeit und die hierfür zugrunde zu legende materialabhängige Dicke ab.

Für die Biegesteifigkeit, die in der dritten Phase gefordert ist, gelten ähnliche Betrachtungen für die Abschätzung der materialabhängigen Dicke der äußeren Platte 3, deren Beitrag zur gewünschten Biegesteifigkeit der Einheit aus Platte plus Steggefüge maßgeblich durch die Auslegung des Steggefüges beeinflusst wird. Hier beachtet der Fachmann bei der Abschätzung der erforderlichen Dicke, daß die in der Stauchphase auf die Bodenplatte 3 insgesamt ausgeübten Kräfte auf das Steggefüge zu übertragen sind. Dazu muß die Scherfestigkeit an den Stegkanten bzw. die Plattendicke ausreichend groß sein.

Die beschriebene Panzerung bzw. Schutzvorrichtung stellt lediglich ein im Test als vorteilhaft erwiesenes Ausführungsbeispiel dar. Bei entsprechender Beachtung der geschilderten, erfindungsgemäßen Auslegungskriterien können andere Materialien verwendet werden. Hierzu gehören für die Stege Materialien, die in ausreichendem Maße stauchbar, d. h. plastisch verformbar sind, wie verstärkte Kunststoffe, Titan oder weichere Stähle. Die Stegstruktur kann ein anderes Muster bilden. Das Dreiecksmuster des Ausführungsbeispiels bietet eine hohe Biegesteifigkeit in den drei Stegrichtungen und hat gegenüber einem Vierecksmuster (Quadratmuster bei orthogonalen Stegrichtungen, andernfalls Rautenmuster) den Vorteil einer höheren Verwindungssteifigkeit.

Die Stege können ferner keilförmig ausgebildet werden, um z. B. eine bestimmte progressive, degressive oder eine neutrale Kennlinie des Widerstands und der Energieaufnahme beim Stauchen zu erreichen. Die Bodenplatte 3 und die Stegstruktur können aus verschiedenem Material hergestellt sein, z. B. die Bodenplatte aus Panzerstahl, die Stege 2 aus Leichtmetall.

Die Dimensionierung der Stege hängt einerseits von deren Material ab und andererseits auch von der Auslegung des Steggefüges. Es lassen sich für verschiedene Stegmateriale unterschiedlicher Stegdicken und -höhen ermitteln, bei denen die Entlastungswellen sich innerhalb der Steghöhe in der Stegmitte treffen und so der vollständige Abbau der primären Schockfront vor Erreichen der Innenseite des Fahrzeugs ermöglicht ist. Dicke, Form und Material der Stege beeinflussen auch deren Stauchbarkeit und die Knicklänge der Stege, die erfindungsgemäß nicht überschritten wird. Der Fachmann sollte bei der Auslegung des wegen der erforderlichen Steifigkeit zusammenhängenden Steggefüges darauf achten, daß ausreichend freie Oberflächen erhalten

bleiben, von denen Entlastungswellen für die erste Funktionsphase der erfindungsgemäßen Vorrichtung ausgehen können. So sind z. B. säulenartige, dicht nebeneinander sitzende Stege bei entsprechender Materialauswahl im Hinblick auf die zweite Funktionsphase der Stauchung von Vorteil, weil viel Energie absorbiert werden kann, sind jedoch weniger gut zu einem biegefesten Gefüge aufbaubar, das in der dritten Funktionsphase wichtig ist, und bieten auch nicht die gewünschten freien Oberflächen.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Schutz eines in seinem Bodenbereich mit der Vorrichtung versehenen Fahrzeugs, insbesondere gepanzerten Fahrzeugs gegen von unten einwirkende, detonierende Minen, **gekennzeichnet durch** eine dem Erdboden zugewandte Platte (3) und ein zusammenhängendes Gefüge aus Stegen (2), das auf der Platte (3) sitzt, wobei die Dicke und Festigkeit der Platte geeignet sind, von der Blastwelle der Detonation auf sie ausgeübte Kräfte auf die Stege (2) zu übertragen, die bezüglich Anordnung, Dimensionierung und Materialbeschaffenheit so ausgelegt sind, daß einerseits die Steilheit der in sie hineinlaufenden Schockfront des Blastwellendrucks durch tiefpaßartige Dämpfung noch innerhalb des Steggefüges bis auf ein gewünschtes Ausmaß abgebaut wird, und daß sie andererseits durch den auch nach der primären Schockfront wirksamen Blastdruck unter Energieabsorption gegen eine innenliegende Platte (1) der Vorrichtung stauchbar sind, wobei anschließend vergleichsweise langfristig anstehende Kräfte durch die Biegesteifigkeit der Struktur aus der dem Erdboden zugewandten Platte (3), der innenliegenden Platte (1) und dem zwischen den Platten (3, 1) sitzenden Steggefüge auf das ganze Fahrzeug übertragbar sind.
2. Bodenschutzvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe der Stege (2) so begrenzt ist, daß sie bei Überlastung lediglich gestaucht werden, jedoch nicht knicken oder ausbiegen.
3. Bodenschutzvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich das Gefüge aus Stegen (2) über den gesamten Fahrzeugboden als der innenliegenden Platte (1) der Vorrichtung erstreckt und daß die Stege stoffschlüssig untereinander und auch mit der Platte (3) zusammengefügt sind, die dem Erdboden zugewandt ist und die langfristig anstehenden Kräfte über die Auflager auf das ganze Fahrzeug überträgt.
4. Bodenschutzvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege aus der Platte (3) herausgearbeitet sind oder mit dieser in einem Stück gegossen sind.
5. Bodenschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kreuzungsstellen der zum Gefüge verbundenen Stege so gestaltet sind, daß einerseits der Beitrag des Steggefüges zur Biegesteifigkeit gewährleistet ist und andererseits freie Oberflächen auch an den Kreuzungsstellen der Stege vorhanden sind, von welchen Entlastungswellen ausgehen können, die zum Abbau der Schockfront führen.
6. Bodenschutzvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Stege keilförmig ausgebildet sind, um in der Stauchphase eine vorgegebene Kennlinie der Energieabsorption zu gewährleisten.
7. Bodenschutzvorrichtung nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefüge aus Stegen (2) und die damit verbundene dem Erdboden zugewandte Platte (3) als eine Einheit am Fahrzeugboden angebracht ist.

8. Bodenschutzvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gefüge aus Stegen (2) speziell bei der Nachrüstung eines Fahrzeugs von innen auf das Bodenblech des Fahrzeugs gesetzt ist, wobei das Bodenblech (1) nun die dem Erdboden zugewandten Platte ist und die auf der Innenseite des Steggefüges aufsitzende innenliegende Platte (3) der Vorrichtung mit den Auflagern des Fahrzeugbodens verbunden ist und die auf ihr zu montierenden schockgefährdeten Innenkomponenten des Fahrzeugs trägt.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

